هفدهمین کنفرانس بین المللی
انجمن هوافضای ایران
۲۹ الی ۳۱ فروردین ۱۳۹۵
AERO 2018

طراحی مفهومی و ساخت نمونه اولیه یک پلتفرم پروازی تحت وب

شاهین درویش پور[۱]، جعفر روشنی یان[۲]
۱و۲- دانشکده مهندسی هوافضا، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده

در این مقاله به بررسی و امکان سنجی ایجاد پلتفرمی(سخت افزاری و نرم افزاری) برای ساخت پرنده های بدون سرنشین با قابلیت برقراری ارتباط تحت شبکه وب(اینترنت) پرداخته ایم، که امکان ایجاد ارتباط بین پرنده ها با یکدیگر و پایگاه های فرماندهی(زمینی یا غیرزمینی) در این بستر را فراهم و پیچیدگی های طراحی و ساخت را مرتفع کند، ضمن اینکه الزامات سخت افزاری لازم برای انجام محاسبات اجتناب ناپذیری مانند پردازش تصویر، هوش مصنوعی و یا پیاده سازی الگوریتم های یادگیری ماشین را در اختیار ما قرار دهد. بررسی های انجام شده نه تنها بر امکان ایجاد چنین پلتفرمی صحه میگذارند که بر الزام آن نیز تاکید میکنند، پس از بررسی های انجام شده طراحی مفهومی اولیه ای برای چنین پلتفرمی انجام شده و یک پهپاد چهارپره(کوادروتر) طبق اصول مشخص شده در طراحی مفهومی ساخته و عملیاتی شده است. که پس از دریافت دستور از طرف پایگاه زمینی از طریق شبکه وب، مانورهای برخاست خودکار، حفظ ارتفاع و نشست خودکار را انجام می دهد.

واژه های‌کلیدی : پلتفرم پروازی تحت وب-اینترنت اشیا- web based IoT -flight platform

۱- مقدمه

پرنده های بدون سرنشین و کاربردهای گوناگون آنها در حال حاضر و چشم‌انداز روشن آنها در سال های نه چندان دور نیازمند توجه ویژه و نگاهی دوراندیشانه به این مقوله دارد، یکی از مسائل مهمی که پیش روی گسترش این کاربردها و راه اندازی سامانه هایی برای عملیاتی کردن آنها، به طوریکه پاسخگوی نیازهای روزمره جامعه باشند، وجود دارد، مشکلات و پیچیدگی های ساخت، و محدودیت های سخت افزاری و نرم افزاری از جمله بحث ارتباطات و گستره عملیاتی پرنده های بدون سرنشین است، تا جایی که برخی از این محدودیت ها مانع افزایش ضریب نفوذ این صنعت در زندگی روزمره مردم می شوند.

گسترش روزافزون شبکه وب و کاربردهای متنوع آن در زندگی، صنعت، ساخت و تولید و... نشان از قابلیت های بالقوه ای دارد که این تکنولوژی در اثرگذاری بر تمام صنایع و تکنولوژی های دیگر، از آن برخوردار است، توجه به این مسئله و اینکه می‌توان بسیاری از محدودیت های یاد شده در گسترش کاربردهای پرنده های بدون سرنشین و عملیاتی کردن سامانه هایی بر اساس آنها را، توسط این تکنولوژی برطرف کرد،(از جمله این محدودیت ها میتوان به محدودیت در کنترل پرنده ها، چه از نظر سرعت و چه از بعد مسافت و یا مشکلات عدیده در بحث ارتباط بین پرنده ها اشاره کرد که ارتباط تحت وب میتواند به نحو احسن آنرا برطرف نماید) می تواند نویدبخش پیشرفت های بیشتر صنعت هوافضا و به وجود آمدن کاربردهای جدیدی در زندگی روزمره به خصوص در بخش پرنده های بدون سرنشین باشد.

از این رو طراحی سامانه ای که دو مشکل فوق، یعنی پیچیدگی های ساخت و طراحی، و رفع محدودیت های ارتباطی با استفاده از شبکه وب را به صورت همزمان برطرف کند و همچنین محدودیت های سخت افزاری برای کاربردهایی که پهپادها در آینده خواهند داشت را مرتفع نماید موضوعی بود که بسیار ضروری و با در نظر گرفتن امکانات و ویژگی های جدیدی که اتصال به شبکه وب برای طراحان پرنده های بدون سرنشین به ارمغان می آورد، بسیار کاربردی می نمود، مقاله حاضر حاصل تلاشی است که در راستای طراحی چنین سامانه ای به انجام رسیده است.

۱- معرفی طرح

طبق بررسی ها پرنده های بدون سرنشین در حال حاضر به جز مقاصد نظامی در زندگی روزمره به عنوان ابزار سرگرمی مورد استفاده قرار می گیرند و تنها در موارد قابل توجهی در صنعت سینما، تلوزیون و رسانه به عنوان ابزارهای کارآمد و به شکل تجاری استفاده می شوند. [1]

اما پیش بینی ها نشان می دهند که پرنده های بدون سرنشین در آینده نزدیک در صنعت پست و ارسال مرسوله های پستی، اشتراک و برقراری اتصال به اینترنت در مناطق مختلف، حفظ امنیت، بازرسی واحدهای صنعتی، امداد و نجات و مدیریت بحران، تحقیقات علمی، حفاظت از محیط زیست و بسیاری صنایع دیگر کاربردهای جدی و اساسی خواهند داشت و برآوردها نشان می دهند تا سال ۲۰۲۰ حدود ۱۵۰ میلیارد دلار از بازار جهانی خدمات در صنایع اصلی را تشکیل خواهند داد. [2] [3]

کاربردهای آتی این پرنده ها هم زمان با پیشرفت صنعت کامپیوتر، نیازمند امکانات خاصی خواهند بود که عملیاتی شدن آنها وابسته به فراهم آوردن این امکانات است، در حوزه های مختلف پرنده های بدون سرنشین باید مجهز به امکاناتی مانند هوش مصنوعی، پردازش تصویر، یادگیری ماشین و شبکه های پروازی خواهند بود، تصور رسیدن به کاربردهایی که در بالا برشمرده شدند تا سال ۲۰۲۰ بدون وجود این امکانات تقریبا غیر ممکن است.

علاوه بر اینها مشکلات و پیچیدگی های ساخت، محدودیت های امکانات موجود فعلی، ناکارآمادی راهکارهای موجود و عدم طراحی سیستم های فعلی برای اهداف فوق مشکلاتی هستند که بر سر راه پیشرفت صنعت پرنده های بدون سرنشین و گسترش ضریب نفوذ کاربردهای آنها در زندگی روزمره وجود دارند.

پلتفرم پروازی تحت وب، مجموعه ای یکپارچه از سخت افزار و نرم افزار است که ضمن مرتفع کردن محدودیت ها و مشکلات ساخت، زیرساخت

۱- مهندس هوافضا دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- استاد دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

لازم برای توسعه اهداف فوق را مهیا می کند، سخت افزار و نرم افزار پلتفرم طبق اصولی طراحی شده اند که امکان توسعه چنین ماموریت هایی را فراهم کنند، ضمن اینکه این پلتفرم راهکار اتصال به شبکه وب را برای شبکه های پروازی ارائه و فراهم می کند، قابلیت مقیاس پذیری پلتفرم پروازی تحت وب امکان ساخت شبکه ها و گروه های پروازی با ماموریت های متنوع و در ابعاد گسترده را فراهم میکند.

۲- اینترنت اشیا

اینترنت شبکه ی جهانی است که ارتباط تمامی کاربران را با هم برقرار می کند، اما ساختار این شبکه در حال تغییر است. همه ی ما از لپ تاپ ها، تبلت ها و گوشی های هوشمند جهت برقراری ارتباط با یکدیگر استفاده می کنیم. اغلب اطلاعات بین ما و دیگران از طریق سرورهایی که وظیفه‌ی اجرای سایت را برعهده دارند و نرم افزارهای ایمیل رد و بدل می شود. درنهایت می توان گفت اینترنت از کاربران، دستگاه های سمت کاربر و سرورها تشکیل شده است، اما عضو جدیدی به نام اینترنت اشیا در حال اضافه شدن به این مجموعه است اینترنت اشیاء مفهومی جدید در دنیای فناوری و ارتباطات است. عبارت اینترنت اشیا، برای نخستین بار در سال ۱۹۹۹ توسط کوین اشتون مورد استفاده قرار گرفت و جهانی را توصیف کرد که در آن هر چیزی، از جمله اشیاء بی جان، برای خود هویت دیجیتال داشته باشند و به کامپیوترها اجازه دهند آن ها را سازماندهی و مدیریت کنند. اینترنت در حال حاضر همه مردم را به هم متصل می کند ولی با اینترنت اشیاء تمام اشیاء به هم متصل می شوند . بر اساس تعریفی که گروه راه حل های کسب و کار اینترنتی سیسکو ارائه کرده است، اینترنت اشیاء به صورت ساده، به نقطه ای از زمان اطلاق می شود که در آن نسبت به انسان ها، تعداد اشیاء بیشتری به اینترنت متصل باشند. [4]
اینترنت اشیا و چالش‌ها و راهکارهای ارائه شده برای آنها بسیار نزدیک به پلتفرم پروازی تحت وب است، در طراحی پلتفرم پروازی تحت وب، به خصوص در بخش ارائه راهکار برای اتصال به شبکه وب از این راهکارها استفاده کرده ایم.

۳- نمونه های مشابه

قبل از طراحی پلتفرم پروازی تحت وب، نمونه های مشابه سخت افزاری و نرم افزاری بررسی و نکات لازم توجه آنها در طراحی مورد استفاده قرار گرفته اند، در بخش اینترنت اشیا، پلتفرم Octoblu شرکت اینتل و در بخش سخت افزاری خلبان های خودکار و سیستم های افزاینده پایداری Ardupilot و Qualcomm Flight Platform به صورت دقیق بررسی شده اند و راهکارهای مناسب برای استفاده در طراحی مورد توجه قرار گرفته اند.

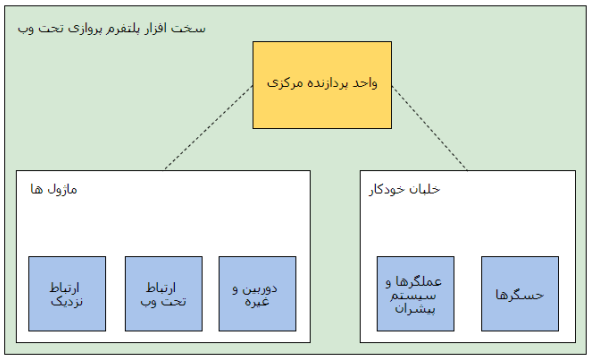
۴- طراحی کلی

در طراحی کلی پلتفرم پروازی تحت وب سه بخش کلی را مورد بررسی و توجه قرار داده ایم، بخش سخت افزاری، بخش نرم افزاری و بخش زیرساخت.

۵- بخش سخت افزاری

طرح در نظر گرفته شده برای سخت افزار پلتفرم به صورت ماژولار است، در این سیستم اجزاء مختلف سیستم باید به صورت بخش های مستقل در نظر گرفته شوند، این قاعده شامل هر دو بخش سخت افزاری و نرم افزار مربوط به آن می شود.

اصطلاح ماژولار از این جهت که اجزا قابلیت جداسازی و نصب مجدد و یا تعویض را داشته باشند مورد استفاده قرار نگرفته، بلکه بدین معناست که پلتفرم پروازی تحت وب از واحدهای مستقل سخت افزاری که هر یک نرم افزار مختص به خود را دارند و به صورت مستقل از یکدیگر فعالیت می کنند، تشکیل می شود و ارتباط این واحدها با یکدیگر به صورت محدود و کنترل شده است.



شکل ۱ شماتیک کلی سخت افزار پلتفرم پروازی تحت وب

۵-۱- واحد پردازنده مرکزی

در بحث انتخاب تراشه مناسب برای پلتفرم، که بتواند از عهده وظایف درنظر گرفته شده برای پلتفرم پروازی تحت وب به خوبی برآید، مشخصه های مختلفی باید در نظر گرفته شود، قدرت پردازش(که خود فاکتورهای مختلفی برای مقایسه دارد) قابلیت توسعه، قابلیت پیاده سازی، هماهنگی با سایر بخش های سخت افزاری، ابعاد و همچنین قیمت از مهم ترین آنها هستند.

بررسی بین میکروکنترلر و ریزپردازنده

در ابتدا بررسی انواع مختلف پردازنده های موجود در بازار نقطه شروع مناسبی به نظر می رسد. در وهله اول دو گزینه اساسی پیش روی ما قرار دارد، میکروکنترلر و میکروپروسسور، بحث بین تفاوت میکروکنترلرها و میکرو پروسسورها چندان مرتبط با موضوع مورد نظر ما نیست اما توضیحی کلی درباره آنها لازم می نماید، میکروپروسسورها در واقع یک مدارمجتمع متشکل از چند واحد پردازش مرکزی است که تنها وظیفه پردازش را بر عهده دارد و مانند آنچه که در رایانه ها یا تلفن های همراه به کار برده میشود، نیازمند بخش های جانبی مانند حافظه های رم و رام هستند، از معروف ترین نسخه های آنها هم سری های core 2,core i core duo شرکت اینتل را میتوان نام برد. [5]
در مقابل میکروکنترلر ها ترکیبی هستند از یک واحد پردازشی به همراه سایر ملزومات مانند حافظه های رم و رام و به تنهایی قادر به انجام فعالیت های برنامه ریزی شده برای آنها هستند، از عمده ترین تفاوتهای این دو این است که میکروکنترلر ها قیمت های به مراتب کمتری داشته و پیچیدگی های طراحی آنها نیز کمتر است، مصرف انرژی آنها کم و در عوض قدرت و سرعت پردازشی آنها نیز به مراتب و به شکل چشم گیری کمتر از میکروپروسسورهاست، بیشترین فرکانس کلاک[1] میکروکنترلر های موجود حداکثر به ۹۰۰تا۱۵۰۰ مگاهرتز می رسد و معمولا رنجی بین ۱ تا ۵۰ مگاهرتز دارند، این در حالی است که کمترین فرکانس کاری ریزپردازنده ها(ی موجود) ۸۰۰ مگاهرتز و معمولا فرکانس هسته بالاتر از ۱ گیگاهرتز دارند. [6]

[1] Clock Frequence

میکروکنترلرها معمولا وظایف مشخصی دارند و پین های ورودی و خروجی آنها کمتر است در عوض سازگاری بالاتر و راحت تری با حسگرها و قطعات سخت افزاری رایج در ساخت پرنده ها دارند، این در حالی است که هماهنگی این قطعات برای کار با یک ریزپردازنده مثلا Core i5 نیازمند طراحی پیچیده تر و افزودن بخش های واسط خواهد بود، اما با توجه به پیشرفت روزافزون کاربرد پرنده ها و اینکه احتمالا بار پردازشی بر دوش آنها در ماموریت های آینده افزایش پیدا خواهد کرد، بررسی یک ریزپردازنده به منظور تشکیل واحد پردازشی پلتفرم امری ضروری به نظر می رسد، به خصوص که کاربردهای آتی پهپاد ها در ارسال بسته های پستی، نقشه برداری، تصویر برداری، جنگل بانی، رصد ترافیک و فعالیت های نظامی نیازمند پردازنده های قوی به منظور انجام هر چه بهتر ماموریت های خود هستند(به عنوان مثال پردازش تصویر از جمله کاربردهایی است که هزینه پردازشی[2] بالایی دارد)، اگرچه برای کنترل پرنده نیاز چندانی به توان پردازشی بالا نیست و یک میکروکنترلر نه چندان قوی قادر به کنترل وضعیت و موقعیت پرنده خواهد بود.

معیارهای انتخاب پردازنده

با صرف نظر از پیچیدگی های طراحی که مسئله ای مهم ولی کم تاثیر است، به جهت آنکه این موضوع در صورت تامین الزامات سامانه و تضمین عملکرد سیستم به نحو احسن، قابل صرف نظر کردن است، معیارهای مختلفی برای انتخاب نوع و مدل پردازنده وجود خواهند داشت مهم ترین آنها که در انتخاب پردازنده مناسب مورد توجه قرار گرفته است به شرح زیر است:

۱) توان پردازشی و سرعت

انتخاب تراشه پردازنده بیش از هر چیز به ماموریت های در نظر گرفته شده برای پرنده وابسته است، با توجه به آنچه در بخش قبل در باب کاربردهای پرنده های بدون سرنشین در آینده رفت ایجاد پلتفرمی که بتواند بستری برای ساخت پرنده های بدون سرنشین باشد و امکان تعریف ماموریت های یاد شده را فراهم کند، بدون نیاز به استفاده از تجهیزات جانبی دیگر و یا درگیر کردن کاربر برای رفع پیچیدگی های مربوط به اتصال سخت افزارهای جانبی، ما را ملزم به استفاده از ریزپزدازنده‌ها یا میکروکنترلرهای قوی می کند.

۲) چندوظیفه‌گی[3]

با توجه به اینکه وظیفه کنترل تمام بخش ها و تمام بارپردازشی آنها بر عهده واحد پردازنده مرکزی خواهد بود، امکان ایجاد قابلیت چند وظیفه گی، که بتواند در آنِ واحد پردازش اطلاعات تمام بخش ها را بر عهده بگیرد از نکاتی است که باید در انتخاب پردازنده مورد توجه قرار بگیرد.

۳) قیمت

مبحث بعدی هزینه این دو انتخاب است، برای اینکه ریزپردازنده انتخابی هزینه زیادی را به ما تحمیل نکند لازم است بین قیمت و قدرت پردازشی توازن قابل قبولی برقرار شود.

۴) توان مصرفی

انجام بسیاری از ماموریت های یاد شده نیازمند برقراری مداومت پروازی بالایی است و این موضوع پیچیدگی های انتخاب منبع تغذیه را بیشتر می کند، طبیعتا با در نظر گرفتن این موضوع که توان مصرفی ریزپردازنده ها به میزان قابل توجهی بیشتر از میکروکنترلر هاست، فاکتور مهم دیگر برای ما توان مصرفی پردازنده خواهد بود.

۲-۵- واحد خلبان خودکار

منظور از خلبان خودکار در پلتفرم پروازی تحت وب، صرفا یک سیستم افزاینده پایداری نیست، وظیفه خلبان خودکار کنترل، هدایت و ناوبری پرنده بدون سرنشین از مبدا تا مقصد است، تمام عملیات ها مثل برخاست، مسیریابی و فرود باید توسط خلبان خودکار انجام شود، در پلتفرم پروازی تحت وب، این بخش با استفاده از سیگنال های حسگر ها و یک واحد پردازنده سیگنال های دیجیتالی[4] وضعیت سیستم را کنترل میکند.

اضافه شدن سیستم ناوبری و پردازش محیط(مانند اسکنرهای سه بعدی) خلبان خودکار را قادر می سازد تا عملیات های ناوبری و مسیریابی را به صورت خودکار انجام دهد.

پردازنده سیگنال های دیجیتالی ریزپردازنده‌ای است که سیگنال های دریافتی ورودی را بر اساس الگوریتم از پیش تعیین شده پردازش کرده و سیگنال های خروجی را تولید می کند، به عنوان مثال از این پردازنده ها در دوربین دیجیتال استفاده می شود، این پردازنده اطلاعات خام را از حسگر تصویر دریافت کرده و آنها را به تصاویر قابل نمایش بر روی مانیتور تبدیل می کند.

به صورت معمول اطلاعات حسگرها به صورت سیگنال هایی به پردازنده ها ارسال می شوند، پردازنده ابتدا این سیگنال ها را به داده های قابل استفاده و محاسبه تبدیل و در حافظه خود ذخیره می کند، سپس پردازش های لازم روی این مقادیر و اعداد انجام شده و مجددا نتایج که به صورت اعداد هستند به سیگنال هایی تبدیل می شوند که برای راه اندازی موتور ها لازم اند، پردازنده سیگنال های دیجیتال دو مرحله یاد شده در پردازنده ها را حذف و محاسبات را مستقیما روی سیگنال ها انجام می دهد، در نتیجه نیازی به فضای حافظه زیاد و صرف شدن توان پردازشگر روی تبدیل سیگنال ها به مقدار ها وبرعکس نخواهد بود و کنترل پرنده سریع تر و با ضریب اطمینان بالاتری انجام خواهد شد.

بیشتر پردازنده‌های با کاربری عمومی و سیستم‌عامل‌ها می‌توانند الگوریتم‌های پردازش سیگنال دیجیتال را انجام دهند اما برای دستگاه‌های قابل‌حملی مانند تلفن‌های همراه و پرنده های بدون سرنشین به‌خاطر مصرف توان بالا و ابعاد بزرگ، مناسب نیستند، یک پردازشگر سیگنال دیجیتال، راه‌حل نسبتا کم‌هزینه‌ای، با اجرای بهتر، تأخیر کمتر و بی‌نیاز از خنک‌کننده و باتری‌های بزرگ است. [7]

۳-۵- حسگرها

پلتفرم پروازی تحت وب به منظور پشتیبانی از ساخت انواع مختلف پرنده های بدون سرنشین باید مجهز به حسگرهای مختلفی باشد، پس از بررسی انواع مختلف پرنده های بدون سرنشین رایج، حسگرهای زیر به عنوان بخشی از سخت افزار پلتفرم پروازی تحت وب در نظر گرفته شدند.

۱) واحد اندازه گیری اینرسی[5]

بسیاری از حسگر های موجود در بازار مجموعه ای از حسگرهای ژایروسکوپ، شتاب سنج و قطب نما هستند، نمونه های مجهز به فشارسنج نیز در بازار موجود است، از نظر ابعاد، جرم و هزینه، استفاده از واحد اندازه گیری اینرسی مناسب تر از استفاده از چند سنسور مجزا خواهد بود.

---

[2] Proccess Cost
[3] Multi Tasking
[4] Digital Signal Processor
[5] Inertial Measurement Unit (IMU)

۲) سیستم ناوبری و موقعیت یاب جهانی

از نمونه های مشهور این سامانه ها می توان GPS و گلوناس را نام برد، برای اهداف مختلف و همچنین ماموریت های خودکار پرنده، استفاده از چنین سامانه هایی لازم است.

۳) فاصله سنج

از این ماژول برای سنجش فاصله با سطح زمین یا موانع اطراف پرنده استفاده می شود، به عنوان حداقل نیازمندی، استفاده از یک فاصله سنج برای نشست و برخاست خودکار لازم است.

فاصله سنج های مافوق صوت به دلیل دقت کم و عدم کارایی مناسب بر روی تمام سطوح در پلتفرم پروازی تحت وب مورد استفاده قرار نخواهد گرفت و تنها حسگرهای لیزری قابل استفاده خواهد بود.

۴-۵- واحد ارتباط تحت وب

برای ارتباط تحت وب استفاده از شبکه دیتا در حال حاضر بهترین گزینه ممکن است، به جهت آنکه محدودیت فاصله را برطرف کرده و دسترسی به آن بسیار آسان است، پژوهش های شرکت کوالکام نشان می دهند که تا ارتفاع ۱۲۰ متری میتوان با کیفیت مناسبی و قابل اطمینانی از آن استفاده کرد. [8]

نسل پنجم شبکه های ارتباطی در حال حاضر در زمان نگارش این رساله هنوز به بهره برداری نرسیده اند و نسخه اولیه آن توسط شرکت های محدودی از جمله شرکت ایرانسل مراحل آزمایش را پشت سر می گذارند [9] از نسل چهارم شبکه های ارتباطی نیز استاندارد LTE توسعه یافته و در حال استفاده است، با توجه به راه اندازی نسل پنجم به نظر می رسد در نسل چهارم شاهد استاندارد دیگری نباشیم، سیم کارت های مخصوص اینترنت اشیا هنوز به بهره برداری نرسیده اند، بنابراین تنها سخت افزارهایی که امکان ارتباط تحت شبکه LTE را به ما می‌دهند برای ما کاربردی و قابل استفاده خواهند بود، خوشبختانه تفاوت چندانی بین چیپست های موجود در بازار از نظر کارایی وجود ندارد، جز آنکه فرکانس های کاری آنها متفاوت است و این مسئله به شرکت های مخابراتی خدمات دهنده در کشورهای مختلف برمیگردد، ضمن اینکه قیمت های یکسانی هم دارند.

پلتفرم پروازی تحت وب از شبکه موبایل به عنوان واحد ارتباط تحت وب استفاده خواهد کرد.

۵-۵- واحد ارتباط داخلی

واحد ارتباط داخلی به منظور برقراری ارتباط با سایر پرنده های یک شبکه در پروازهای جمعی و گروهی مورد استفاده قرار میگیرد در این بخش دو زیرسیستم وظیفه برقراری دو نوع ارتباط را بر عهده خواهند داشت، در این واحد پلتفرم پروازی تحت وب از تکنولوژی nrf و Wi-Fi استفاده خواهد کرد، زیرسیستم اول در فواصل نزدیک، از حداقل ۱۰۰ تا ۱۸۰۰ متر، امکان ارتباط بین پرنده ها را برقرار خواهد کرد، زیرسیستم دوم امکان اتصال به نقاط اتصال وای-فای[6] را به پلتفرم پروازی تحت وب می دهد که سرعت بالایی داشته و امکاناتی مانند استریم ویدئو[7] یا اتصال به تجهیزاتی مانند تلفن های هوشمند، سیستم های واقعیت افزوده، پوشیدنی های هوشمند و در کل هر دستگاه متصل به آن شبکه را به ما خواهد داد.

ضمن اینکه در صورت از دست رفتن زیرسیستم قبلی از این زیرسیستم میتوان برای ارتباط با سایر پرنده ها تا فاصله ۱۰۰ متری استفاده کرد.

۶-۵- رابط ها

به منظور ارتباط و اتصال سخت افزار پلتفرم پروازی تحت وب به اجزای جانبی مانند ماژول‌ها و موتورها نیازمند در نظر گرفتن راه های ارتباطی متداول به تعداد لازم هستیم پلتفرم پروازی تحت وب، در صورتی که بر روی یک شش پره پیاده سازی شود، علاوه بر کنترل موتورها به سه درگاه خروجی دیگر برای کنترل گیمبال[8] دوربین و یک درگاه نیز برای کنترل نما و کاربردهای دیگر دوربین احتیاج خواهد داشت، بنابراین حداقل به ۱۰ درگاه خروجی برای کنترل پرنده احتیاج خواهد بود.

به منظور افزودن حسگرها و ماژول های مختلف دیگر،۲ پورت خروجی PWM، ۲ پورت ورودی I2C,Serial,BUS و ۳ ورودی آنالوگ نیز برای کاربردهای پلتفرم پروازی تحت وب کافی خواهند بود.

که این تعداد در صورت الزام به پشتیبانی از هشت‌پره ها و ده‌پره ها باید به ۱۷تا۲۰ درگاه افزایش یابد و واحد پردازنده مرکزی مشکلی برای پشتیبانی از این تعداد نخواهد داشت.

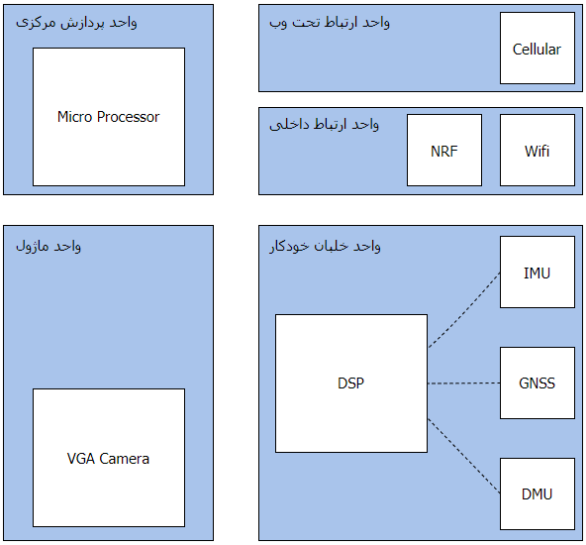
۷-۵- دوربین

در بحث پرواز خودکار، وجود یک دوربین و سیستم پردازش تصویر اولیه به منظور تشخیص عوارض و محل فرود ضروری است، بدین منظور نیازی به تصویر برداری با کیفیت بالا وجود ندارد، البته با توجه به اینکه الزامات نرم افزاری برای چنین امکانی بررسی نشده است نمی توان مشخصات سخت افزاری دقیق آنرا مشخص کرد ولی با توجه به نمونه های مشابه کیفیت حداقلی VGA در نظر گرفته می شود.

۸-۵- جمع بندی

پلتفرم پروازی تحت وب به منظور راه اندازی پرنده های مختلف بدون سرنشین، در بخش سخت افزاری باید مجموعه الزامات فوق را رعایت کند، شماتیک کلی بخش سخت افزاری پلتفرم پروازی تحت وب در شکل۲ نمایش داده شد است، به منظور پشتیبانی از ماموریت های ساده تا پیچیده، نوع و مدل سخت افزار به کار برده شده در هر بخش می تواند متفاوت باشد، در واقع سخت افزار پلتفرم پروازی تحت وب میتواند در نسخه های مختلف و برای نیاز های خاص نیز ساخته و استفاده شود.

[6] Wi-Fi Hotspot
[7] Video Stream
[8] Gimbal



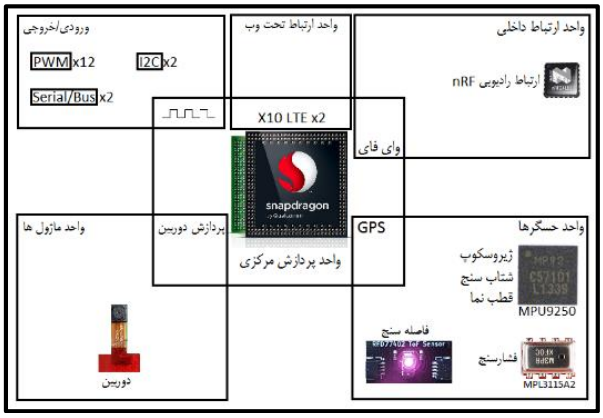
شکل ۲ طراحی مفهومی بخش سخت افزاری پلتفرم پروازی تحت وب

۹-۵- طرح استاندارد پیشنهادی

سخت افزارهای انتخابی برای پلتفرم پروازی تحت وب پس از بررسی الزامات مورد نیاز به صورتی که در جدول ۱ فهرست شده است انتخاب شده اند.

جدول ۱- اجزای سخت افزار مطلوب و پیشنهادی پلتفرم پروازی تحت وب

	شرکت سازنده	مدل
پردازنده	Qualcomm	SoC Snapdragon 810
پردازنده خلبان خودکار	Qualcomm	Hexagon QDSP V56 DSP
واحد ارتباط تحت وب	Qualcomm	X10-LTE
واحد ارتباط داخلی	Nordic	NRF2460
وای فای	Qualcomm	VIVE 2-Stream 802.11ac
دوربین	Omnivision	OV7251
واحد اندازه گیری اینرسی	TDK InvenSence	MPU9250
ناوبری و موقعیت یابی	Qualcomm	IZat
حسگر فشارسنج	Freescale	MPL3115A2
حسگر فاصله‌سنج	RF Digital Co	RFD77402

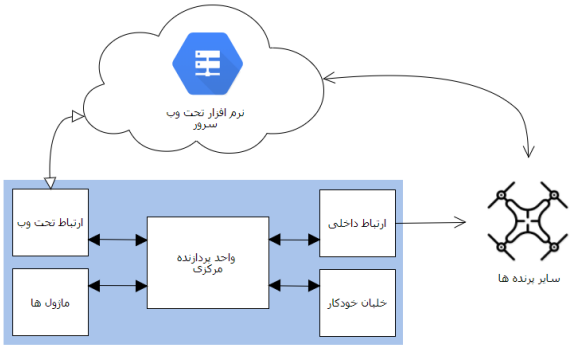


شکل ۳ طرح کلی از پیکربندی طرح پیشنهادی سخت افزار پلتفرم پروازی تحت وب

۶- بخش نرم افزاری

طرح کلی در نظر گرفته شده برای نرم افزار پلتفرم مانند بخش سخت افزار طرحی ماژولار یا مجزاست، بدین ترتیب لازم است در بخش نرم افزاری، پرنده شامل اجزای مختلفی باشد، این اجزا باید بدون نیاز به ارتباط با یکدیگر قادر به انجام وظایف خود باشند.

این اجزا همانطور که گفته شد بی ارتباط با اجزای سخت افزاری نیستند و شامل: سیستم پردازنده مرکزی، بخش ارتباط تحت وب، بخش ارتباط داخلی، بخش ماژول ها و خلبان خودکار می شوند.



شکل ۴ شماتیک بخش های مختلف نرم افزاری

به بیانی دیگر هر بخش بدون نیاز به ارتباط با سایر بخش ها باید دارای نرم افزاری جدا و مستقل باشد، نرم افزاری که می‌تواند در سیستم پردازنده مرکزی یا برحسب نیاز در سخت افزاری جداگانه پردازش شود. ارتباط بین بخش ها باید صرفا توسط سیستم پردازش مرکزی و به صورت محدود انجام شود، این موضوع با توجه به مشکلات امنیتی موجود در شبکه وب و احتمال خطر، باعث خواهد شد در صورت خارج شدن کنترل پرنده از دست پایگاه زمینی تا حدود زیادی امنیت پرنده محفوظ باشد و در روند ماموریت اختلالی ایجاد نشود، ضمن اینکه در صورت بروز هرگونه مشکلی در هر بخشی سایر بخش ها بدون مشکل به فعالیت خود ادامه خواهند داد.

۱-۶- واحد پردازنده مرکزی

سیستم پردازنده مرکزی باید از توان پردازشی لازم برای ماموریت های مختلف برخوردار باشد، این توان سخت افزاری در کنار نرم افزاری که بهینه سازی نشده باشد می تواند تحت شعاع قرار بگیرد و عملکرد سیستم را مختل کند، جداگانه بودن عملکردهای نرم افزاری تا حدودی به این مسئله کمک خواهد کرد.

نرم افزار این بخش علاوه بر اینکه باید بتواند سایر بخش ها را به صورت همزمان پردازش کند، باید توانایی برنامه ریزی، هدایت و انجام ماموریت های متنوعی را داشته باشد، به طور کلی وظیفه اصلی این بخش هدایت سایر بخش ها در راستای نیل به اهداف ماموریت است، فلذا قابلیت برنامه ریزی و تعریف ماموریت از الزامات اساسی این بخش است.

نرم افزار این بخش در نهایت وظیفه مدیریت ماموریت و تمام زیرسیستم های پرنده را برعهده خواهد داشت، ارتباط تمام بخش ها توسط نرم افزار این واحد کنترل و بررسی می شوند، واحد پردازش مرکزی در واقع مغز متفکر پلتفرم پروازی تحت وب است، که خود از نرم افزار های کوچک تری تشکیل شده و عملکرد صحیح سیستم و اجرای صحیح ماموریت را تضمین می کند.

۲-۶- واحد خلبان خودکار

وظیفه خلبان خودکار، کنترل وضعیت و موقعیت پرنده بدون سرنشین، هدایت و ناوبری آن با توجه به تصمیماتی است که نرم افزار مدیریت ماموریت در واحد پردازش مرکزی اتخاذ می کند، خلبان خودکار به خودی خود قادر به تشخیص و تفکر در مورد پرنده و اتخاذ تصمیم جز در مورد وضعیت و موقعیت پرنده نیست، تصمیم گیری‌های اصلی را نرم افزار مدیریت ماموریت اتخاذ و خلبان خودکار با توجه به آنها عمل خواهد کرد و تصمیم گیری‌های خلبان خودکار صرفا در مورد نحوه رسیدن به موقعیت و وضعیتی است که نرم افزار مدیریت ماموریت تعیین می کند.

با توجه به محدودیت هایی که هنوز در بخش زیرساخت های شبکه وب وجود دارد، امکان کنترل مستقیم پرنده ها مانند رادیوکنترل های فعلی، درحال حاضر وجود ندارد، در نتیجه راهکار پیش رو، هوشمند سازی پرنده‌ها و ایجاد قابلیت های خودکار در آنهاست، با توجه به زیرساخت های فعلی و امکانات موجود، امکان راه اندازی پرنده های خودکار و نیمه خودکار در شبکه وب وجود دارد، در واقع خلبان خودکار باید چیزی بیشتر از سیستم های افزاینده پایداری فعلی باشند که تنها به حفظ وضعیت پرنده در حالت تعادل اکتفا می کنند، تا حد امکان خلبان خودکار باید قادر به حفظ وضعیت، کنترل موقعیت و مواجه با وضعیت های پیش بینی نشده باشد، در حال حاضر پرنده های موجود قادر به انجام فعالیت های نیمه هوشمندی مثل نشست و برخاست، بازگشت به آشیانه در صورت بروز مشکل(مثل اتمام باتری) و حفظ امنیت خود در سوانح هستند(مانند خاموش کردن موتورها بعد از برخورد شدید با زمین).

این قابلیت ها باید توسعه یابند و امکانات بیشتری مانند بررسی محیط و موانع، سنجش فاصله با اجسام اطراف، رهیابی خودکار و غیره به خلبان خودکار پرنده افزوده شوند تا در نهایت بدون نیاز به اپراتور انسانی، پرنده قادر به انجام ماموریت های ساده ای مثل جابجایی بین دو نقطه مبدا و مقصد باشد(با تمام مانورهای لازم مثل نشستن و برخاستن و همچنین مسیریابی خودکار).

قابلیت های فوق حداقل قابلیت هایی است که در طراحی خلبان خودکار باید در نظر گرفته شود، بدیهی است در طراحی پرنده های متفاوت تر خلبان خودکار باید قادر به انجام مانورهای پیچیده تر باشد.

اساسا از آنجا که پلتفرم پروازی تحت وب، منحصر به پرنده خاصی نیست، خلبان خودکار باید قابلیت پشتیبانی از پرنده های مختلف و همچنین دینامیک سیستم هایی که در حال حاضر متداول نیستند و یا ممکن است در آینده کاربردی شوند را داشته باشد.

بدین ترتیب در بخش نرم افزاری قابلیت پشتیبانی از سیستم های کنترلی مختلف و حداقل پشتیبانی از سیستم های کنترلی PID که ساختار مناسبی برای تبدیل به کدنویسی دارند وجود خواهد داشت.

ضمن اینکه خلبان خودکار باید قابلیت دریافت و اجرای دستوراتی از پیش تعریف شده را داشته باشد، در واقع باید مانورهایی از قبل در بخش نرم افزاری خلبان خودکار تعریف شوند که صرفا از طریق آنها بتوان با این بخش ارتباط برقرار کرد، اینکار از آن جهت لازم است که کنترل پرنده را نیازمند واکنش های سریع نمی کند، چراکه در بخش بعدی، نتایج نشان می دهند که حتی نسل چهارم ارتباطی می تواند تا چند ثانیه در ارسال دستورات به پرنده تاخیر داشته باشد و با این حساب فرآیند کنترل توسط پلتفرم پروازی تحت وب به هیچ وجه نباید به صورت مستقیم و آنی(نیازمند تاخیر زمانی خیلی کم) باشد.

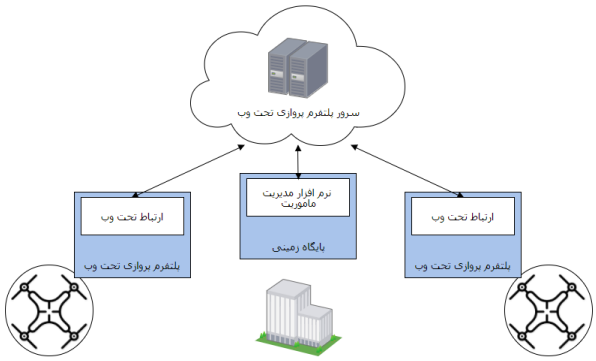
۳-۶- واحد ارتباط تحت وب

واحد ارتباط تحت وب وظیفه برقراری ارتباط پرنده و حفظ ارتباط با شبکه وب و اینترنت را برعهده دارد، برای حفظ کارایی بالای پرنده لازم است از جدیترین نسخه های موجود شبکه سلولی که در حال حاضر شبکه LTE است در پلتفرم پروازی تحت وب استفاده شود.

ضمن اینکه در ارتفاعات پایین این ارتباط می تواند توسط اتصال وای-فای در واحد ارتباط داخلی انجام شود.

در بخش ارتباط تحت وب باید دو مسئله رعایت شود، اولین مسئله برقراری ارتباط مداوم یا در اصطلاح سمج[9] با سرورهای تحت وب است و مسئله دوم امکان ایجاد ارتباط با سایر پرنده ها از این طریق است.

با اینکه بخش ارتباط داخلی به منظور برقراری ارتباط با سایر پرنده ها در نظر گرفته شده اما در فواصل دور تر این بخش به کمک ارتباط تحت وب قادر به برقرای ارتباط غیر مستقیم با سایر پرنده ها خواهد بود، نرم افزار این بخش باید ضمن برقراری اتصال، ارسال داده به سرور و دریافت داده(دستورات) از پایگاه زمینی را توسط سرور فراهم کند.



شکل ۵ نحوه ارتباط بخش های مختلف پلتفرم پروازی تحت وب

بدین منظور باید کانال های ارتباطی مشخص و از پیش تعین شده ای در سمت سرور مشخص شده باشند تا این ارتباط ها توسط آنها انجام شود. منظور از کانال، مجموعه مشخصی از دسترسی هاست که قبلا باید در سامانه ایجاد شوند این دسترسی ها مشخص می کنند که چه بخشی از مجموعه اجازه دسترسی به چه اطلاعاتی را داشته باشد.

همانطور که مشخص است یک سرور باید نقش واسته را برای برقراری ارتباط بین پرنده ها ایفا کند، این ارتباط می تواند از طریق شبکه سلولی[10] موبایل و یا در ارتفاعات و بردهای کم از طریق شبکه وای-فای برقرار شود. در مورد سرور در ادامه توضیحات بیشتری ارائه شده است.

۴-۶- واحد ارتباط داخلی

واحد ارتباط داخلی به منظور برقراری ارتباط با سایر پرنده های یک شبکه در پروازهای جمعی و گروهی مورد استفاده قرار میگیرد در این بخش دو زیرسیستم وظیفه برقراری دو نوع ارتباط را بر عهده خواهند داشت، در این واحد پلتفرم پروازی تحت وب از تکنولوژی nrf و wi-fi استفاده خواهد کرد، مورد اول در فواصل نزدیک، از حداقل ۱۰۰ تا ۱۸۰۰ متر، امکان ارتباط بین پرنده ها را برقرار خواهد کرد، مورد دوم امکان اتصال به نقاط اتصال وای-فای را به پلتفرم پروازی تحت وب می دهد که سرعت بالایی داشته و امکاناتی مانند استریم ویدئو یا اتصال به تجهیزاتی مانند تلفن های هوشمند، سیستم های واقعیت افزوده، پوشیدنی های هوشمند و در کل هر دستگاه متصل به آن شبکه را به ما می دهد.

---

[9] Persistent Connection
[10] Cellular Network

ضمن آنکه در صورت از دست رفتن زیرسیستم قبلی از این زیرسیستم میتوان برای ارتباط با سایر پرنده ها تا فاصله ۱۰۰ متری استفاده کرد.
واحد ارتباط داخلی از آن جهت به این نام خوانده می شود که در یک شبکه پروازی وظیفه برقرای ارتباط با سایر پرنده های داخل شبکه را بر عهده دارد، این ارتباط به صورت دو سویه و بر اساس ماموریت تعریف می شود، در واقع اینکه ارتباط برقرار شده به چه منظور و برای تبادل چه نوع داده هایی تدارک دیده شده است بر اساس ماموریت تعیین و توسط این واحد پردازش می شود.
این ارتباط می تواند توسط واحد ارتباط تحت وب و از طریق سرور پلتفرم پروازی تحت وب انجام شود، که در این صورت این بخش وظیفه ارسال درخواست ها به سرور و دریافت نتایج را بر عهده خواهد داشت اما در صورتی که این ارتباط از طریق چیپست های وای-فای یا nrf انجام شوند این واحد وظیفه راه اندازی نقطه اتصال و شبکه وای-فای داخلی یا مدیریت درخواست های ارسال و دریافت رادیویی را بر عهده خواهد داشت، استفاده از nrf نیازمند ترجمه سیگنال های دریافتی به مقادیر منطقی و قابل استفاده خواهد بود که انجام این وظایف بر عهده این واحد خواهد بود.
ضمن اینکه از این واحد برای ارسال تصاویر به پایگاه زمینی در صورتی که از راه های فوق(به جز وب) برای ارتباط استفاده کنیم، استفاده خواهد شد، این واحد وظیفه ارسال تصاویر دوربین یا سایر اطلاعات مورد نیاز را بر عهده خواهد داشت در واقع ارتباط با پایگاه زمینی در فواصل نزدیک در صورت وجود امکانات لازم ارتباطی داخلی محسوب خواهد شد، فرآیند های لازم و اطلاعات مجاز برای ارسال و دریافت قبلا باید در این واحد تعریف شوند.
بنابراین نرم افزار این واحد باید توانایی‌های زیر را داشته باشد:

- راه اندازی نقطه اتصال وای-فای
- اتصال به یک نقطه اتصال وای-فای
- ارسال داده با استفاده از nrf
- دریافت داده با استفاده از nrf

۶-۵- واحد ماژول‌ها

واحد ماژول وظیفه کنترل ماژول های متصل به پلتفرم را بر عهده دارد، طبق طراحی مفهومی انجام شده برای بخش سخت افزاری، وجود یک دوربین برای پلتفرم پروازی تحت وب قطعی شده است، پردازش تصویر لازم برای نیازمندی های مختلف ماموریت مثل نشست و برخاست روی باند که تنها الزام پلتفرم پروازی تحت وب به منظور خودکار سازی پرواز است در این بخش انجام خواهد شد، اگرچه کاربردهایی مثل ردیابی سوژه و تعقیب آن نیز از کاربردهایی است که برای ماژول دوربین می توان پیاده سازی کرد و پردازش های مربوط به آن در این بخش انجام خواهد شد.
در این واحد ها نرم افزار مربوط به هر ماژول باید پیاده سازی شوند، به طوریکه مستقل از سایر بخش ها قادر به فعالیت باشند، به عنوان مثال، دوربین در این دسته بندی قرار می گیرد، نرم افزار کنترل دوربین باید جداگانه راه اندازی شود و توسط راه های از پیش تعین شده و توابع مخصوص به خود توسط سایر بخش ها قابل راه اندازی باشد، به عنوان مثال توابعی برای روشن کردن، خاموش کردن، ذخیره عکس و شروع و پایان فیلم‌برداری در این بخش تعریف می شوند و سیستم پردازش مرکزی در کنترل ماموریت از آنها استفاده خواهد کرد.
در همین مورد نرم افزار کنترل نگهدارنده دوربین یا گیمبال نیز جدا از نرم افزار دوربین باید به منظور کنترل وضعیت دوربین توسعه داده شود.

۶-۶- نرم افزار سرور

نرم افزار سرور وظیفه برقراری و کنترل دسترسی های پرنده ها و پایگاه ها به یکدیگر را بر عهده دارد، به طور کلی برای ارتباط بین دو دستگاه متصل به وب یا باید یکی از آن دو دستگاه سرور باشد و یا دستگاه سومی نقش سرور را برعهده گیرد.
بر اساس الزاماتی که ارتباط تحت وب برای ما ایجاب می کند، الزاما نیازی به راه اندازی یک سرور رایانه ای وجود ندارد، بلکه این سرور می تواند یک نقطه اتصال وای-فای روی زمین باشد تا امکان برقراری ارتباط با پرنده را ممکن سازد، این نقطه اتصال حتی می تواند توسط یکی از پرنده های شبکه پروازی به منظور رهبری تعدادی از پرنده های دیگر، توسط واحد ارتباط داخلی برقرار شود، اما در نهایت تمام این نقاط کانونی یا کانون های محلی که میتوان آنها را پرنده های آلفا نامید، به منظور برقراری ارتباط تحت شبکه وب باید با یک مرکز اصلی در ارتباط باشند که باید روی یک سرور کامپیوتری راه اندازی شود، این سرور امکان برقراری ارتباط بین پرنده(ها) و پایگاه(ها) را ممکن می سازد.
همانطور که قبلا اشاره شد، این سرور باید دسترسی های از پیش تعین شده را مدیریت و برقرار کند، در این دسترسی ها باید تعین شود که به چه میزان و به چه نقاط اتصالی امکان ارتباط وجود دارد، به عنوان مثال یک دسترسی باید ایجاد شود که مجوز تعین موقعیت تمام یا بخشی از پرنده ها در آن صادر شده باشد این دسترسی را به طور مثال دسترسی ایکس می نامیم، در این دسترسی تعریف شده است که مالک این دسترسی مجوز تعین موقعیت تمام یا بخشی از پرنده ها را دارد، حال این دسترسی به هر عضوی از شبکه تخصیص داده شود می تواند از طریق آن موقعیت پرنده ها را تعین کند، این مجوز میتواند به یک یا چند پایگاه زمینی داده شود تا از طریق آن قادر به کنترل موقعیت پرنده ها باشند.
از نظر امکانات سخت افزاری نمی توان در مورد مشخصات سرور اظهار نظر کرد، چراکه این مسئله کاملا وابسته به ماموریت و تعداد پرنده های شبکه دارد، به همین دلیل در این مورد در این بخش توضیح بیشتری ارائه نمی شود، اما سرور باید به اندازه ای از منابع پردازشی برخوردار باشد که مشکلی در مدیریت سامانه نداشته باشد.
سرعت پردازش اطلاعات در سرور بسیار مهم است، با اینکه انتخاب مشخصه های لازم بدون اطلاع از ماموریت ممکن نیست اما حدالمقدور باید از نرم افزارهای سریع استفاده شود، سرورهای لینوکسی با زبان php یا پایتون، وب سرور Nginx و نرم افزار پایگاه داده شرکت Oracle و Mysql در حال حاضر سریع ترین و کم مصرف ترین(از نظر منابع مثل پردازنده و رم) اجزا یک سرور هستند.
سرور پلتفرم پروازی تحت وب باید به صورت بهینه از منابع فیزیکی استفاده کند و این موضوع وابسته به انتخاب نرم افزارهایی است که مشابه آنها در بالا نام برده شد.
ارتباط پایدار با پرنده ایجاب می کند سرورهای پلتفرم پروازی تحت وب اتصال سمج(مداوم یا پایا) را پشتیبانی کند، این نوع اتصال پس از HTML1.1 معرفی شد و این امکان را به ما می دهد بدون نیاز به اتصال مجدد اقدام به ارسال درخواست به سرور و دریافت اطلاعات کنیم این موضوع سرعت ارسال و دریافت اطلاعات را افزایش می دهد و نیاز به برقراری اتصال های مکرر را از بین می برد، راه اندازی این امکان سمت سرور انجام می شود و عملیات سخت و پیچیده ای ندارد، درخواست ها از طرف کاربر(پرنده) باید با این روش انجام شوند، در واقع از سمت پرنده باید درخواست برقرای اتصال پایا به سرور ارسال شده و سرور نیز قبلا چنین اتصال هایی را فعال و مجاز کرده باشد.

۷-۶- نرم افزار پایگاه زمینی

نرم افزار پایگاه زمینی وظیفه مدیریت ماموریت، مانیتورینگ وضعیت پرنده ها مانند میزان سلامت، وضعیت باطری، موقعیت، سرعت و...، کنترل پرنده ها و پیاده سازی و انجام تنظیمات اولیه برای راه اندازی پرنده ها را بر عهده خواهد داشت.

در بخش پایگاه زمینی دو وظیفه قابل پیش بینی و اجراست، اولین موضوع راه اندازی سامانه است و دومین موضوع مدیریت ماموریت است.

۱) راه اندازی سامانه

راه اندازی پرنده و آماده شدن آن برای پرواز و انجام ماموریت نیازمند پیش نیازهایی است که باید توسط نرم افزاری در پایگاه زمینی برقرار شوند، منظور از نرم افزار پایگاه زمینی نرم افزاری است که نه روی پرنده و نه روی سرور اجرا می شود.

راه اندازی سامانه شامل:

- پیاده سازی سیستم کنترلی
- تعین و تعریف دستورهای کنترلی
- تعریف مشخصات سرور
- تعریف نقاط اتصال بین پرنده و سرور
- تعریف ماموریت
- تعریف تعداد مسیرهای ارتباطی بین اجزا و تعین دسترسی ها
- تعریف ماژول های خارج از تعریف پلتفرم
- معرفی و تنظیم نرم افزار مربوط به ماژول های اضافی
- تنظیم و کالیبره کردن حسگرها
- تنظیم و کالیبره کردن موتورها و عملگرها
- آزمایش کارکرد تمام بخش های سخت افزاری و نرم افزاری پیش از پرواز

و به طور کلی تمام آنچه در بخش الزامات نرم افزاری در مورد اجزا سامانه، زیر سیستم ها، نحوه ارتباط بین آنها، توابع و... لازم است باید بتوانند توسط این نرم افزار پیاده سازی و اجرا شوند، ضمن اینکه ماموریت خاص مدنظر کاربر باید توسط این نرم افزار اجرا شود، در صورت نیاز به کدنویسی رابط های لازم در آن در نظر گرفته و تعبیه شوند، این نرم افزار علاوه بر این وظایف باید سخت افزار سیستم را با نرم افزار همگام سازی و آزمایش تمام بخش ها را پیش از پرواز مقدور سازد.

۲) مدیریت ماموریت

پس از پیاده سازی و راه اندازی سیستم توسط نرم افزار و تعین رابط های کنترل پرنده، این قابلیت برای کاربر باید وجود داشته باشد تا بتواند وضعیت پرنده های موجود را رصد و آنها را کنترل کند، این مهم باید توسط نرم افزار پایگاه زمینی فراهم شود.

توسط این بخش از نرم افزار رابط هایی که هنگام راه اندازی ایجاد شده اند باید قابل استفاده باشند، این رابط های از پیش تعریف شده به ما امکان کنترل پرنده را خواهند داد.

وظیفه مهم دیگر این بخش رصد وضعیت، موقعیت و میزان پیشرفت ماموریت است که از مهم ترین بخش های یک ماموریت محسوب میشود. ضمن اینکه با تعریف مسیرهای انتقال داده با سرور این امکان برای ما وجود خواهد داشت تا مانیتورینگ و پایش سیستم را در هر نقطه ای به اجرا دربیاوریم.

۷- زیرساخت ها

مسائلی در مورد پلتفرم پروازی باید مورد بررسی قرار بگیرند که مربوط به بخش زیرساخت و امکان‌سنجی پروژه میشوند، از جمله مهم ترین این بحث ها اجزای شبکه پروازی، پروتکل و روش‌های ارتباطی آنها، راهکارهای امنیتی، بررسی امکانات فعلی در حوزه وب و اینترنت هستند که لازم است آنها را بررسی و عنوان کرد.

۷-۱- اجزای شبکه پروازی

شبکه پروازی تحت وب از روشی مشابه شبکه زنجیره بلاک برای کنترل و مدیریت پرنده استفاده خواهد کرد، در این زنجیره توزیع یافته پرنده ها به تعدادی گروه کوچک تر تقسیم خواهند شد، در این زیر گروه ها تعدادی پرنده بتا وجود خواهند داشت که توسط یک پرنده آلفا کنترل خواهند شد، پرنده های آلفا به سرورهای پلتفرم پروازی تحت وب متصل خواهند شد و پایگاه های زمینی دستورات را به پرنده های آلفا ارسال خواهند کرد، پرنده های آلفا امکان مدیریت و کنترل پرنده های گروه دیگر را نخواهند داشت، اینکار به کاهش اعضای شبکه و حجم دستورات ارسالی کمک زیادی خواهد کرد.

شبکه پروازی می تواند تنها از پرنده های بتا تشکیل شده باشد که در این صورت به شبکه متمرکز تبدیل خواهد شد، مانند نمونه آزمایشی پیاده سازی شده در این پروژه، در شبکه پروازی فوق تنها یک پایگاه و یک پرنده بتا وجود دارد. و یا تنها از یک پرنده آلفا و چند پرنده بتا تشکیل شده باشد در این صورت پایگاه زمینی تنها با پرنده آلفا موجود ارتباط خواهد داشت، نحوه مدیریت سایر پرنده ها قبلا برای پرنده ها در بخش ماموریت تعیین شده است، بدین ترتیب پرنده آلفا تنها میتواند طبق برنامه از پیش تعیین شده سایر پرنده های زیرمجموعه خود را فرماندهی کند، مثلا آنها را طبق آرایشی خاص به موقعیت مشخصی هدایت کند.

ضمن آنکه پرنده های بتا امکان ارتباط مستقیم با سرور را نخواهند داشت و در نتیجه هیچ شخص و پایگاهی امکان ارتباط مستقیم با آنها و خارج کردن آنها از ماموریت یا کنترل آنها را نخواهد داشت.

پایگاه های زمینی هم بر این اساس به دسته بندی های مختلفی با دسترسی های مختلفی تقسیم خواهند شد، سیستم زنجیره بلاک مشخص می کند که هر پایگاه و پرنده تنها می توانند طبق پروتکل های مشخصی با یکدیگر ارتباط برقرار کنند، به عنوان مثال ممکن است در این سامانه تنها یک پایگاه امکان ارسال دستور نشست و برخاست را به پرنده ها داشته باشد و پایگاه دیگر تنها امکان کنترل موقعیت پرنده ها را داشته باشند.

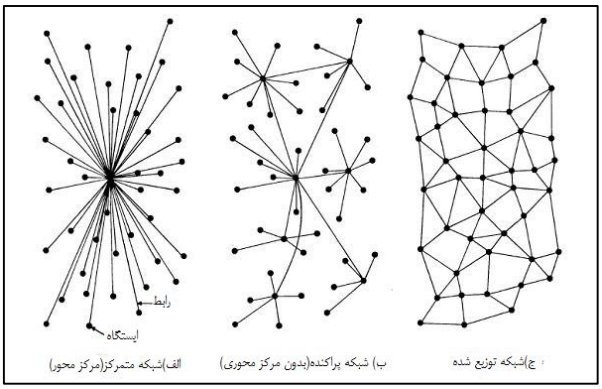
این روش ضمن حفظ امنیت سامانه و شبکه در سطح بالا میزان درخواست ها را بین پرنده ها و سرور تا حدود زیادی کاهش می دهد که باعث افزایش سرعت و کارایی شبکه پروازی خواهد شد.

۷-۲- زنجیره بلاک به عنوان یک راهکار ارتباطی

رشد بی‌قاعده اینترنت اشیا، مشکلات متعددی نیز از قبیل شناسایی، اتصال، امنیت و مدیریت تعداد بی‌شماری از دستگاه‌های اینترنت اشیا را مطرح خواهد کرد. این مسئله معماری و زیرساخت فعلی اینترنت و خدمات آنلاین را جهت پشتیانی از اکوسیستم اینترنت اشیا در آینده با مشکل روبرو خواهد ساخت.

زنجیره بلاک این امکان را برای اکوسیستم اینترنت اشیا فراهم می‌آورد تا از مدل شبکه‌سازی مبتنی بر بروکر[11] که دستگاه‌ها برای شناسایی و تأیید هر دستگاه به سرور ابری مرکزی وابسته هستند، بی نیاز شوند.

[11] Broker



شکل ۶ انواع ساختار های رایج شبکه

اگرچه مدل متمرکز، طی دهه‌های اخیر به‌خوبی پاسخگوی نیازها بوده، اما رشد شبکه‌های ارتباطی، افزایش نودهای[12] شبکه به میلیون‌ها نود که خود میلیاردها تراکنش را ایجاد می‌کنند نیازهای محاسباتی را به طرز چشمگیری افزایش می‌دهند و به‌تبع آن هزینه‌ها نیز بالا می‌رود.

گذشته از آن در این شیوه، سرور به یک گلوگاه یا همان باتلنک تبدیل می‌شود که شبکه اینترنت اشیا را در برابر حملات DDoS/DoS آسیب‌پذیر می‌سازد، حملاتی که در آن سرور مورد هجوم ترافیک دستگاه‌های هک شده قرارگرفته و از کار می‌افتد.

این حملات به‌شدت اکوسیستم اینترنت اشیا را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بخصوص زمانی که اجرای وظایف حساس را بر عهده داشته باشند. بعلاوه راه‌اندازی شبکه‌های متمرکز در بسیاری از محیط‌های صنعتی مانند زمین‌های زراعتی بزرگ، با مشکل مواجه خواهد شد، در جایی که نودهای (گره یا نقاط ارتباطی) اینترنت اشیا با حداقل تجهیزات ارتباطی در محیط‌های وسیع پراکنده می‌شوند.

تکنولوژی زنجیره بلاک امکان ایجاد شبکه‌های امن مش[13] را فراهم می‌کند که از طریق آن دستگاه‌های اینترنت اشیا به‌طور مطمئن با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و درعین‌حال از خطراتی چون جعل هویت و کلاه‌برداری دور می‌مانند .

با ثبت هر نود مجاز در زنجیره بلاک، دستگاه‌ها به‌آسانی قادر خواهند بود بدون نیاز به بروکرهای مرکزی و صدور گواهی دیجیتال یکدیگر را شناسایی کرده و تأیید کنند. بدین ترتیب شبکه برای پشتیبانی از میلیاردها دستگاه بدون نیاز به منابع دیگر، از قابلیت مقیاس‌پذیری و توسعه‌پذیری برخوردار خواهد شد. [10]

اهمیت استفاده از این روش ضمن برطرف کردن مشکلات امنیتی تا سطوح بالا، آنجایی مشخص می شود که میزان کاربرد آن را در شبکه های پروازی بدانیم. یکی از مسائل مهم و مورد توجه در صنعت هوافضا به خصوص در بخش پرنده های بدون سرنشین شبکه های پروازی و دسته های پرنده است.

در صورت پیاده سازی یک شبکه پروازی یا یک دسته از پرنده های بدون سرنشین با استفاده از پلتفرم پروازی تحت وب، زنجیره بلاک می تواند یک راه حل مناسب را ضمن تامین امنیت به منظور تبادل اطلاعات و ارتباط اجزا با یکدیگر فراهم کند با اینکه زنجیره بلاک راهکاری برای تبادل اطلاعات تحت وب ارائه کرده است اما چیزی مشابه متدولوژی به کار رفته در آن قبلا در پروژه های دسته پرنده به کار گرفته شده است.

[12] Node
[13] Mesh

دانشگاه پنسیلوانیا از مراکزی است که به تازگی(از سال ۲۰۱۲) به صورت جدی در مورد دسته های پرنده شروع به تحقیق کرده است در همین راستا در آزمایشگاه GRASP که بر روی اتوماسیون ربات ها فعالیت میکند آزمایشگاه KUMAR را راه اندازی شده است که بر روی ربات های خودکار پرنده و هم چنین بر روی دسته های ربات متمرکز شده است. [11]

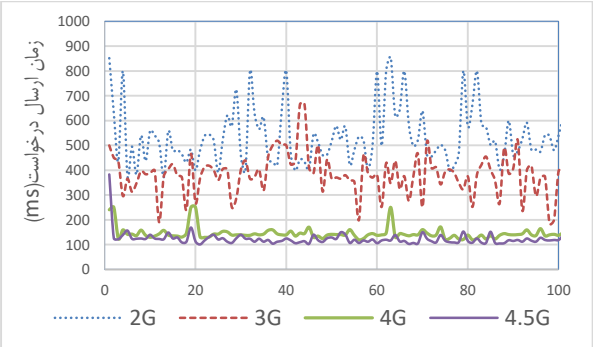
زنجیره بلاک علاوه بر اینکه تا حدود بسیار زیادی مشکلات امنیتی اینترنت اشیا را مرتفع خواهد کرد راهکار مناسبی برای مدیریت و راه اندازی دسته های پرنده یا شبکه های پروازی خواهد بود.

۳-۷- نرخ تبادل داده در سیستم های هوافضایی و بررسی امکانات موجود فعلی شبکه وب

در حال حاضر راهکار اینترنت و تکنولوژی رایج برای مرتفع کردن مشکل نرخ انتقال داده دو گزینه اینترنت بی سیم و اینترنت کابلی است. راهکار های مختلفی برای صنعت هوافضا و پهپادها قابل استفاده است اما مناسب ترین گزینه اینترنت بی سیم همراه (شبکه سلولی) است که هم اکنون به تکنولوژی 4G(نسل چهارم) رسیده است.

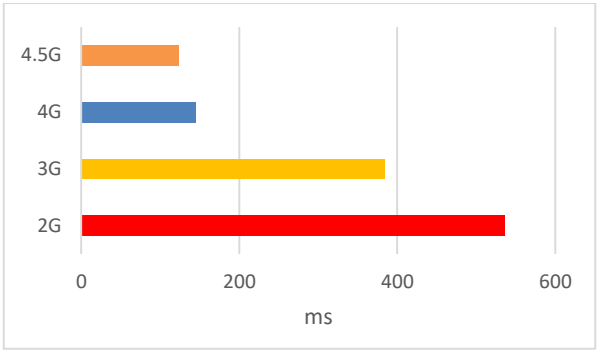
برای بررسی بیشتر این موضوع آزمایشی را طراحی کردیم تا سرعت پاسخ شبکه های مختلف را بررسی کنیم، این عمل در ادامه برای طراحی بخش کنترلی و نرم افزاری ما را یاری خواهد کرد.

به صورت آزمایشی یک سرور در داخل کشور تهیه و راه اندازی کردیم ، در سمت دیگر به کمک یک اپلیکیشن تحت سیستم عامل اندروید بر روی هر یک از نسل های ارتباطی اقدام به ارسال ۱۰۰ درخواست به سمت پایگاه زمینی کرده و زمان پاسخ دهی را اندازه گیری کرده ایم، این زمان به دو عامل سرعت شبکه و سرعت سرور بستگی دارد، از آنجایی که فاکتور سرعت سرور در تمام چهار آزمایش تغیر قابل توجهی نمیکند نتایج این آزمایش برای مقایسه نسل های مختلف ارتباطی مناسب خواهد بود، ضمن اینکه پلتفرم پروازی تحت وب به صورت آزمایشی روی همین سرور راه اندازی خواهد شد فلذا این نتایج در طراحی و تعریف ماموریت آزمایشی مفید و قابل استفاده خواهد بود.



شکل ۷ مقایسه سرعت ارتباطی بین پایگاه و پرنده بر روی نسل های مختلف مخابراتی

همانطور که انتظار می رفت با پیشرفت نسل های ارتباطی شبکه مخابرات، سرعت انتقال داده بین پرنده و پایگاه زمینی افزایش پیدا می کند، این مسئله در طراحی ماموریت های مختلف برای پرنده بسیار مهم خواهد بود، کاهش زمان ارسال داده بین پرنده و پایگاه و بین پرنده ها میتواند طراحی ماموریت های پیچیده تر را برای ما ممکن سازد، میانگین این زمان برای شبکه ارتباطی 4G یا 4.5G چیزی حدود ۱۲۰ میلی ثانیه است که البته این زمان با افزایش توان پردازشی سرور، افزایش قدرت سیگنال و شبکه کاهش قابل توجهی خواهد داشت.



شکل ۸ میانگین زمان ارسال درخواست در نسل های مختلف شبکه های ارتباطی

طبق نتایج فوق برای تعین ماموریت آزمایشی در بخش آخر، نوع ماموریت باید به گونه ای تعین شود که حداقل زمان پاسخ از طرف پایگاه برای آن کمتر از ۱۲۰ میلی ثانیه نباشد، که این زمان در صورت استفاده از شبکه G۲ به حداقل ۵۰۰ میلی ثانیه و حتی با در نظر گرفتن ضریب ایمنی و استفاده از حداکثر زمان به دست آمده تا ۱۵۰۰ میلی ثانیه افزایش می‌یابد. این مهم به منظور حفظ ایمنی و تضمین موفقیت ماموریت ضروری است.

این زمان البته برای ماموریت های رایج پهپاد ها مثل تصویر برداری های پیشرفته، مسابقات پهپاد ها و کنترل آنی مناسب نیست و تمرکز باید بر روی افزایش اتوماسیون و عملکردهای خودکار باشد، اما پیش بینی ها برای نسل پنجم ارتباط سلولی سرعتی ده برابر نسل چهارم را نوید می دهند این به این معنی است که در بهترین حالت حداکثر زمان لازم برای ارسال داده ها به کمتر از ۱ میلی ثانیه می رسد که با توجه به اختلالات محلی شبکه، سرعت سرور و... به صورت تخمینی زمان حداقلی ۱۰-۱۲ میلی ثانیه را برای ارتباط بین پرنده و پایگاه فراهم خواهد کرد(حداقل سرعت در شبکه 4G در حال حاضر ۱۰ میلی ثانیه است) که امکان تعریف ماموریت های بیشتری را فراهم می کند،

۸- ساخت و اجرای نمونه آزمایشی

در این بخش مطابق با اصول مشخص شده برای پلتفرم پروازی تحت وب، یک نمونه اولیه از این پلتفرم را ساخته و به صورت آزمایشی عملیاتی کردیم.

به دلیل اینکه طراحی اولیه و جزئی پلتفرم دقیقا انجام نشده است صرفا به رعایت اصول کلی به دست آمده اکتفا کرده ایم و بالاجبار از قطعات و سخت افزارهای موجود در بازار و متناسب با بودجه پروژه استفاده کرده ایم.

در ساخت این پرنده به دلیل نوع ماموریت بخش ارتباط درون شبکه که عمدتا برای دسته های پروازی مورد استفاده قرار میگیرد و بخش موقعیت یاب جهانی که برای تشخیص موقعیت و طی مسیر استفاده می شود همچنین قطب نما از پلتفرم حذف شده اند.

با توجه به اینکه طراحی و ساخت یک پرنده بدون سرنشین، هدف این پروژه نبوده و در تعریف آن قرار نمی گیرد، در بحث ساخت، مسائل فنی و اساسی آن به تشریح پیگیری و بررسی نشده اند، فلذا پرنده آزمایشی دارای طراحی از پیش انجام شده(به عنوان مثال در بخش سازه) نبوده و سایر مسائل مربوط به طراحی و ساخت کوادروتر در این بخش بررسی نشده اند و صرفا بر مبنای اصول کلی پلتفرم پروازی تحت وب ساخته و آزمایش شده است.

۸-۱- اجزاء ماموریت

در سیستم آزمایشی ما دو جزء اصلی تعریف شده اند: پرنده و پایگاه زمینی، پرنده یک ربات چهارپره(کوادروتر) تعریف شده است که باید پس از دریافت دستور پایگاه زمینی از طریق شبکه وب اقدام به انجام ماموریت از پیش تعریف شده نماید.

۸-۲- ماموریت انتخابی

ماموریت تعریف شده برای پرنده انجام مانور برخاست تا ارتفاع ۱ متری، سپس حفظ ارتفاع به مدت ۵ ثانیه و در انتها انجام مانور نشست است.

۸-۳- سخت افزار مورد استفاده

با توجه به محدودیت های مختلف برای هر بخش از واحدهای تعریف شده برای پلتفرم پروازی تحت وب سخت افزار مناسبی را مطابق جدول۲ انتخاب کرده ایم.

جدول ۲- اجزای سخت افزار انتخاب شده برای نمونه آزمایشی

	نوع	مدل
پردازنده	میکروکنترلر	Arduino UNO
پردازنده خلبان خودکار	خلبان خودکار	APM mini
واحد ارتباط تحت وب	3gp	SIM900
واحد ارتباط داخلی	-	-
وای فای	-	-
دوربین	-	-
واحد اندازه گیری اینرسی	IMU	MPU6000
ناوبری و موقعیت یابی	-	-
حسگر فشارسنج	دیجیتال	MS5611-01BA03
حسگر فاصله‌سنج	التراسونیک	SRF05
سیستم پیشران	موتور براشلس	Multistar1704
منبع تغذیه	باتری لیتیوم پلیمر	1000mA

۸-۴- بخش نرم افزاری

بخش نرم افزاری طبق طراحی مفهومی برای هر بخش به صورت جداگانه برنامه نویسی شده است، بخش ماموریت و کنترل خلبان خودکار توسط سیستم پردازنده مرکزی با زبان C++ نوشته شده است و خلبان خودکار و سیستم کنترلی PID روی برد سخت افزاری APM mini برنامه نویسی شده است تا کنترل وضعیت پرنده را ممکن کند، کنترلری جداگانه تعین موقعیت(ارتفاع) پرنده را برعهده دارد و توسط آن سیستم خودکار نشست و برخاست پیاده سازی شده است(به زبان C++ و روی برد پردازنده مرکزی،Arduino UNO)، ضمن اینکه یک بخش مجزا در واحد پردازنده مرکزی وظیفه راه اندازی سیستم ارتباط تحت شبکه وب را برعهده دارد و دستورهای دریافتی از پایگاه زمینی را توسط ماژول SIM900 دریافت و بر اساس آنها ماموریت را تشخیص داده و توسط خلبان خودکار پرنده را هدایت می کند.

به منظور ارتباط با پرنده و کنترل آن از طریق پایگاه زمینی، نیاز به طراحی و پیاده سازی یک نرم افزار رابط روی یک سرور کامپیوتری تحت وب داریم که نقش واسط بین پرنده و پایگاه زمینی را ایفا کند، این پایگاه میتواند به اشکال مختلف طراحی شود در این آزمایش با توجه به نیازمندی های اولیه برای تست، پایگاه زمینی ما شامل شمای گرافیکی بسیار ساده ایست که توسط آن میتوان وضعیت پرنده را کنترل و یا دستور انجام عملیات از پیش طراحی شده را برای آن صادر کرد.

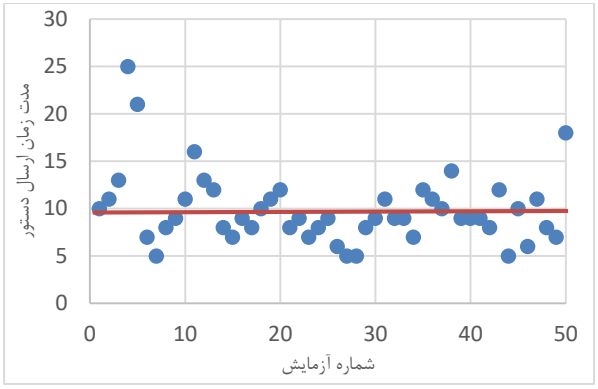
وب سرویس پایگاه مذکور به زبان php نوشته شده و دارای رابط کاربری html ایست که توسط هر مرورگر وبی روی رایانه یا موبایل(و هر دستگاه متصل به اینترنت دیگری) قابل دسترسی است، دو حالت برای کنترل تعریف شده است: حالت‌دستی(Manual) و حالت‌خودکار(Automatic) که قرار گرفتن در حالت خودکار باعث انجام ماموریت از پیش تعین شده خواهد شد و در حالت دستی امکان تنظیم وضعیت پرنده مانند یک فرستنده رادیوکنترل ممکن خواهد بود، نرم افزار نوشته شده در سیستم پردازنده مرکزی که پیشتر درباره آن صحبت کردیم، مقادیر ارسالی را دریافت و با توجه به آنها خلبان خودکار را کنترل می کند.(درست مانند اینکه فرامین توسط یک رادیوکنترل فیزیکی ارسال می شوند)

شکل ۹ پرنده آزمایشی ساخته شده بر مبنای پلتفرم پروازی تحت وب

۹- خلاصه و نتیجه گیری

در این مقاله ایده ای با عنوان پلتفرم پروازی تحت وب را مطرح کرده ایم که سخت افزاری قوی و یکپارچه و هماهنگ با نرم افزار خود را ارائه می کند که قادر به تشکیل شبکه های پروازی تحت وب خواهد بود ضمن اینکه از نظر پردازشی و قدرت، قادر به پیاده سازی امکانات جدید و لازم مانند پردازش تصویر، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای پرنده های بدون سرنشین خواهد بود، سپس الزامات و نیازمندی‌های آن را بررسی کرده ایم، در نهایت پس از امکان سنجی و ارائه طراحی مفهومی برای چنین سامانه ای، پرنده ی چهارپره ای را بر مبنای طراحی مفهومی خود ساخته و راه اندازی کرده ایم.

راه اندازی و ساخت پرنده آزمایشی فوق نشان داد که فرضیه عدم امکان کنترل آنی پرنده تحت شبکه وب صحت دارد و بر الزام ساخت پرنده ها به صورت خودکار و نیمه خودکار تاکید کردند، تست های انجام شده بر روی شبکه 3gp شرکت ایرانسل و سرورهای داخل کشور، زمان حداقلی ۵ و حداکثری ۲۵ و زمان میانگین ۹,۹ ثانیه را برای ارسال دستور از طرف پایگاه زمینی به پرنده(فاصله بین ارسال دستور تا شروع اجرای فرمان توسط پرنده) ثبت کردند. در شکل-۱۰ نتایج آزمایش برای ۵۰ آزمایش نمونه نشان داده شده است.



شکل ۱۰ مدت زمان ارسال دستور از پایگاه زمینی به پرنده برای ۵۰ دستور آزمایشی

پلتفرم پروازی تحت وب مشکلات سخت افزاری و طراحی پرنده های بدون سرنشین را برطرف، امکان ساخت شبکه های پروازی متصل به وب را فراهم، پیاده سازی قابلیت های مبتنی بر یادگیری ماشینی مثل پردازش تصویر را فراهم و امکان برخورداری از توان پردازشی بالا را فراهم می کند این پلتفرم باعث افزایش ضریب نفوذ پرنده های بدون سرنشین در زندگی روزمره و به وجود آمدن کاربردهای جدید برای پرنده های بدون سرنشین خواهد شد، تنها نکته منفی در طراحی پلتفرم پروازی تحت وب مبحث سرعت ارتباط اینترنت است که با انتشار نسل پنجم ارتباط سلولی تا حدودی برطرف خواهد شد، در هر صورت این مشکل در تمام سرویس های مبتنی بر وب وجود داشته و صرفا مشکل پلتفرم پروازی تحت وب نیست، برای برطرف کردن این مشکل در بخش مربوطه راه حل هایی ارائه شده است که تا زمان دستیابی به سرعت های بالاتر در شبکه های سلولی داده باید مورد توجه قرار بگیرند.

۱۰- مراجع

[1] P. R. P. Newswire, "UAV Drones Market: Global Industry Analysis, Trends, Market Size & Forecasts to 2023," Business Insider, 17 Nov 2017. [Online]. Available: http://markets.businessinsider.com/news/stocks/UAV-Drones-Market-Global-Industry-Analysis-Trends-Market-Size-Forecasts-to-2023-1008452759. [Accessed 12 Dec 2017].

[2] D. Coldewey, "13 things drones are doing besides flying around your yard," Techcrunch, 25 August 2017. [Online]. Available: http://techcrunch.com. [Accessed 23 December 2017].

[3] D. Joshi, "Commercial Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Market Analysis – Industry trends, companies and what you should know," Business Insider, 8 Aug 2017. [Online]. Available: http://www.businessinsider.com/commercial-uav-market-analysis-2017-8. [Accessed 12 December 2017].

[۴] ن. رزاقی, "بررسی اینترنت اشیا," در *کنفرانس بین المللی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات*, تهران, ۱۳۹۵.

[۵] ن. ـ. زالوسکا, تئوری و کاربرد ریزپردازنده‌ها, تبریز: انتشارات خنیا, ۱۳۸۲.

[۶] م. ع. کاهه, میکروکنترلر های AVR, تهران: موسسه علمی فرهنگی نص, ۱۳۸۴.

[7] R. G. Lyons, Understanding digital signal processing, Michgan: Edwards Brothers, 2012.

[8] I. Qualcomm Technologies, "LTE Unmanned Aircraft Systems," Qualcomm Technologies, Inc., San Diego,

2017.

[9] Irancell, "MTN Irancell Introduces M2M Service during Iran Telecom 2015 Expo," Irancell, 26 September 2015. [Online]. Available: http://Irancell.ir. [Accessed 15 September 2017].

[10] B. Dickson, "How blockchain can change the future of IoT," 4 December 2017. [Online]. Available: http://venturebeat.com.

[11] D. M. V. K. Alex Kushleyev, "Towards A Swarm of Agile Micro Quadrotors," GRASP Lab, University of Pennsylvania, Pennsylvania, 2012.